

PCT/ SE-03/ 00917

PRV

PATENT- OCH REGISTRERINGSVERKET
Patentavdelningen

**Intyg
Certificate**

Härmed intygas att bifogade kopior överensstämmer med de handlingar som ursprungligen ingivits till Patent- och registreringsverket i nedannämnda ansökan.

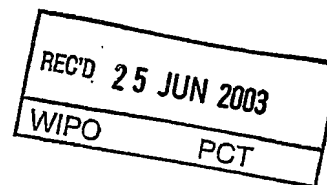
This is to certify that the annexed is a true copy of the documents as originally filed with the Patent- and Registration Office in connection with the following patent application.



(71) Sökande *Electrolux AB, Stockholm SE*
Applicant (s)

(21) Patentansökningsnummer *0201740-8*
Patent application number

(86) Ingivningsdatum *2002-06-07*
Date of filing



Stockholm, 2003-06-06

*För Patent- och registreringsverket
For the Patent- and Registration Office*

Lina Oljeqvist
Lina Oljeqvist

Avgift
Fee

**PRIORITY
DOCUMENT**

SUBMITTED OR TRANSMITTED IN
COMPLIANCE WITH RULE 17.1(a) OR (b)

**PATENT- OCH
REGISTRERINGSVERKET
SWEDEN**

Postadress/Address
Box 5055
S-102 42 STOCKHOLM

Telefon/Phone
+46 8 782 25 00
Vx 08-782 25 00

Telex
17978
PATOREG S

Telefax
+46 8 666 02 66
08-666 02 66

BEST AVAILABLE COPY

Case P-10091

Sökande: Aktiebolaget Electrolux, Stockholm

Elektroniskt dirigeringsystem

TEKNISKT OMRÅDE

Föreliggande uppfinning avser ett förfarande och ett elektroniskt dirigeringsystem för en självgående anordning, företrädesvis en gräsklipparrobot. Systemet innefattar åtminstone en dirigeringsstation ansluten till åtminstone en signalgenerator samt en på den självgående anordningen anordnad avkänningsenhet. Avkänningsenheten avkänner åtminstone ett i luftmediet sig utbredande tids- och rumsvarierande magnetfält åtminstone utsänt via dirigeringsstationen och sänder i sin tur vidare åtminstone en av avkänningsenheten bearbetad signal till åtminstone en drivkälla som bidrar till anordningens rörelser över en yta.

TEKNISK BAKGRUND

Tanken att utveckla arbetsredskap vilka sköter sig helt automatiskt är gammal. Sådana arbetsredskap kan avse självgående anordningar för att klippa gräs, i fortsättningen kommer självgående anordningar benämnas robot. Trots det är det först på senare år som sådana produkter börjat nå ut på marknaden. Ett sådant exempel är robotgräsklipparen Auto Mower™. Denna klipper en yta genom ett röra sig över ytan inom det område som skall bearbetas. För att roboten skall hålla sig inom ett begränsat område har man använt sig av slingor. Dessa utgörs av elektriska ledare vilka sänder ut signaler som i ett roboten placerat avkänningsenhet känt och manövrerat robotens rörelser utifrån. Slingorna används bl.a. för att markera den gräns vilken roboten inte får passera för att samtidigt avlägsna sig från slingan.

Avkänningsenheten består normalt av minst en mottagarenhet för avkänning av exempelvis magnetfält, en styrenhet ansluten till mottagarenheten för bearbetning av den mottagna signalen samt en motorstyrning ansluten till styrenheten för att baserat på den bearbetade informationen styra robotens rörelser. När roboten närmar sig en slinga känner systemet av en förändrad magnetfältstyrka. Styrenheten bearbetar informationen och väljer att manövrera roboten i en viss riktning beroende på vilken funktion som aktiveras.

En brist med tidigare slingsystem är att roboten följer en slinga nedlagd för att dirigera roboten mot en viss plats, vilken kan representeras av en laddstation för robotens batterier och/eller en förvaringsplats när roboten inte arbetar. För att dirigera roboten till platsen måste man med nödvändighet nedlägga en dirigeringsstation i form av en stor sluten slinga så att roboten ofta korsar den vid sina normala rörelser och därmed har möjlighet att påbörja en slingföljning. En ytterligare brist är att befintliga typer av dirigeringsstationer normalt dirigerar roboten efter en bana vilken upprepas vid varje dirigeringsstillfälle. Därigenom kommer robotens hjul att slita på den yta över vilken de passerar. Den aktuella uppfinningen har tagits fram med syfte att överbygga dessa brister.

REDOGÖRELSE AV UPPFINNINGEN

Uppfinningen avser ett elektroniskt dirigeringsystem vilket innefattar medel med vilka signalgeneratoren sänder en ström genom en dirigeringsstation, vilken ström alstrar ett tids- och rumsvarierande magnetfält, varvid avkänningsenheten innefattar medel med vilka roboten manövreras baserat på det avkända magnetfältets egenskaper.

FIGURBESKRIVNING

Uppfinningen beskrivs mer i detalj i anslutning till utföringsexempel och med hänvisning till bifogade ritningar.

Fig. 1 visar ett dirigeringsystem i enlighet med den föreliggande uppfinningen.

Fig. 2 visar ett diagram över signaler i dirigeringsystemet enligt fig. 1.

Fig. 3 visar en självgående anordning för dirigeringsystemet enligt fig. 1.

Fig. 4 visar en utformning av dirigeringsstationen enligt fig. 1.

Fig. 5 visar en alternativ utformning av dirigeringsstationen enligt fig. 1.

Fig. 6 visar en toppvy över det vertikala, av avkänningsenheten avkända, magnetfältet runt dirigeringsstationen enligt fig. 4 och 5

Fig. 7 visar en sidovy över det vertikala, av avkänningsenheten avkända, magnetfältets fältriktning för dirigeringsstationen enligt fig. 5

Fig. 8 visar en alternativ utformning av dirigeringsstationen enligt fig. 4

Fig. 9 visar en toppvy över det vertikala, av avkänningsenheten avkända, magnetfältet runt dirigeringsstationen enligt fig. 8

Fig. 10 visar en sidovy över det vertikala, av avkänningsenheten avkända, magnetfältets fältriktning för dirigeringsstationen enligt fig. 8

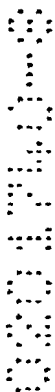
Fig. 11 visar två av för roboten möjliga rörelsemönster vid avkänning av magnetfältet alstrat av dirigeringsstationen enligt fig. 4 och 5

Fig. 12 visar ett av för roboten möjligt rörelsemönster vid avkänning av magnetfältet alstrat av dirigeringsstationen enligt fig. 8

FÖREDRAGNA UTFÖRINGSFORMER

I figurerna visas utföringsexempel av ett dirigeringsystem i enlighet med uppfinningen. Utföringsexemplena skall inte tolkas som en begränsning av uppfinningen utan de har endast till syfte att konkret belysa lämpliga utformningar av det dirigeringsystem vilket uppfinningen avser. Det för att ytterligare belysa uppfinningstanken.

Uppfinningstanken avser att åstadkomma en system där en dirigeringsstation används för att dirigera en robot mot ett specifikt mål. Dirigeringsstationen stationsyta, vilken utgörs av stationens utbredningsområde, skall ha ett så liten area att roboten normalt inte komma röra sig innanför denna yta och om ytan är placerad vertikalt kommer roboten aldrig röra sig innanför ytan. Dessutom skall det av stationen alstrade magnetfältet vara så starkt att roboten kan känna av det inom en dirigeringsyta som utbreder sig innanför och utanför stationsytan. Det alstrade magnetfältet används för att roboten skall kunna navigera över dirigeringsytan. Dirigeringsstationen kan utgöras av en slinga, ett fjärrsystem, vilket i vissa fall är tillräcklig för att dirigera

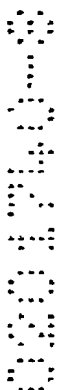


roboten. Dirigeringsystemet kan alternativt utgöras av eller innefatta två olika slingor, ett närsystem, vilket ökar möjligheterna att påverka med vilken riktning roboten närmar sig målet. Ett annat alternativ är att utnyttja de två slingorna till att både åstadkomma fjärrsystemet och närsystemet. Med slinga avses en sluten slinga av en ledare, lindad i ett eller flera varv, varvid slingans parallella ledaravsnitt inte är placerade så nära varandra att de interfererande magnetfälten inte släcker ut varandra helt.

Det magnetfält fjärrsystemet alstrar kommer att utbreda sig inom ett område som utgörs av fjärrslingans dirigeringsområde, varvid roboten avkänner fältets riktning och/eller styrka på den plats roboten är placerad. Denna information kan roboten t ex utnyttja för att söka sig närmare eller längre bort från stationen, utföra cirkulära rörelser kring stationen eller stanna och eventuellt vrida sig i förhållande till stationen. De magnetfält respektive slinga i närsystemet alstrar kommer vara motriktade och superponera. De kommer därför utbreda sig inom ett område som utgörs av närslingans dirigeringsområde, vilket beroende på samverkan mellan de båda fälten kommer vara väsentligen mindre än fjärrslingans dirigeringsområde. Genom att låta närsystemet samverka med fjärrsystemet möjliggör man för roboten, förutom de möjligheter fjärrslingan ger, att närma sig slingan på ett önskat sätt, t ex för att roboten skall bringas i ett sådant läge att en laddningsanordning vid dirigeringsstationen kan ladda robotens batterier.

I fig. 1 visas en dirigeringsystem i enlighet med uppfinningen. En signalgenerator 1 alstrar den ström vilken sänds genom den yttre slingan 2 och dirigeringsstationen 3. Den yttre slingan 2 är ingen nödvändighet utan utgör ett exempel på den typ av slingor som används för att omsluta ett område inom vilket roboten kan vara tänkt att röra sig. Strömmen som sänds genom denna slinga genererar ett magnetfält som sprider sig ut från slingan utifrån vilket roboten avgör om den är innanför eller utanför det område den yttre slingan omsluter. Det område dirigeringsstationen 3 täcker utgör stationsytan. I figuren representeras dirigeringsstationen 3 av en låda eller box.

Dirigeringsstationen 3 i figuren är horisontellt placerad men inget hindrar den från att placeras på ett annat sätt såsom vertikalt. En möjlighet är också att placera vissa delar av stationen, ex.v. fjärrsystemet, i en riktning och andra delar, ex.v. närsystemet i en



annan riktning. Syftet med dirigeringsstationen är främst att alstra ett magnetfält som utbreder sig inom en dirigeringsyta innanför och utanför stationsytan, varvid roboten inom dirigeringsytan kan dirigera sig i förhållande till stationen.

Vid val av signaltyp (frekvens, styrka) på den ström som sänds genom den yttre slingan 2 och dirigeringsstationen 3 är det nödvändigt att beakta egenskaperna för de elektriska ledare som används. Eftersom ledaren normalt är induktiva kommer en aktiverad spänningspuls över en ledare under en första tidsperiod försena dess motsvarande strömpuls att stiga upp till den ström som motsvarar spänningen över ledaren och ledarens resistans, dvs Ohms lag ($I=U/R$). Därmed infaller under varje påbörjad strömpuls en tidsperiod under vilken dirigeringsystemet inte fungerar som i stationär ellära.

Dirigeringsstationen 3 utgör den väsentliga delen av uppfinningen. Den ström som sänds genom denna genererar ett tids- och rumsvarierande magnetfält som roboten använder för att manövrera sig. Stationen använder sig av en eller flera elektriska ledare lindade som slingor. Dirigeringsytans storlek/räckvidd påverkas av det antal amperevarv som förs genom slingorna. Med strömmen 1 A i en slinga med tre varv åstadkoms samma räckvidd som med 3 A i en lika stor envarvig slinga. Detta innebär att dirigeringsstationen, vilken lämpligen använder en slinga med flera varv, avviker från de yttre slingor som använts och används för att avgränsa områden och göra möjligt för roboten att följa en slinga. Dessa typer av yttre slingor använder en lägre strömstyrka samt mer väsentligt bara lindas ett varv runt ett större eller mindre område. De har inte till syfte att åstadkomma en stor dirigeringsyta inom vilken roboten kan avkänna det av slingan utsända magnetfältet för att manövrera sig. Deras syfte är att ge möjlighet för roboten placerad nära slingan att avgöra på vilken sida av slingan den befinner sig samt ges möjlighet att följa slingan.

Vad man bör känna till med den typ av lindning av ledare som dirigeringsstationen 3 använder är att ledare med motriktad ström när de hamnar nära varandra förstärker slingans induktans. De elektriska ledarna kan utföras som etsade ledare i en bärare eller lindas som flerledarkablar med fördel monterade på en bärare. Fördelen med en bärare är att användaren slipper lägga möda på att lägga ut slingan. Om bäraren utgörs av en i huvudsak platt skiva kan denna med fördel placeras ut på lämpligt sätt. Om

skivan dessutom används i samband med en batteriladdare kan en robot genom att köra upp på skivan manövrera sig lättare in mot laddarens polkontakter (laddaren visas inte i fig. 1 men kan med fördel läsas som signalgenerators 1).

De motsatta parallella delarna av de elektriska ledarna, med motriktade strömriktningar, får inte placeras för nära varandra (motsvaras av att stationsytan får en smal och utsträckt form). Då uppstår problemet med magnetfältet och magnetfältets räckvidd minskar avsevärt. Ett lämpligt val av stationsyta är 60x60 cm.

Den ström vilken i dirigeringsstationen 3 alstrar det tidsvarierande magnetfältet kan ha olika karaktär. En ström med växelströmskaraktär såsom en sinusformad ström är en tänkbar möjlighet. Om man använder sig av en sinusström på 0,2 A och använder resonanskretsar för robotens avkänning är det möjligt att uppnå en dirigeringsyta för fjärrsystemet med en radie på flera meter. Det skulle innebära att en slinga lindad 10 varv skulle uppvisa ett värde på 2 amperevarv.

I fig. 2 visas en annan tänkbar karaktär på den strömsignal som dirigeringsstationen 3 kan arbeta med. Signalen lämpar sig väl för den typ av dirigeringsystem uppfinningen avser. Figuren tar inte hänsyn till ledarnas induktans, varför en mer riktig bild egentligen skulle visa hur strömmen fördröjs och stiger över tiden. som ansökan avser. Magnetfältet som pulserna alstrar, vilket utbreder sig ut ifrån stationen, 3 är bärare av den karaktär strömmen motsvarar. I fig. 2 motsvarar pulsen 7 en huvudpuls A0 med en längd på 100 μ s. Valet av pulslängd skall inte ses som en begränsning av uppfinningen utan representerar endast lämpliga värden i detta utföringssexempel. Periodtiden 8 för denna, vilken också är periodtiden för hela denna variant av strömsignaler, är förslagsvis 12 ms vilket motsvarar en frekvens på 83 Hz. Pulsen N7 9 har en längd på 50 μ s, har samma periodtid 8 och infaller 7 ms 10 efter A0. Observera att 1 ms är minsta möjliga avståndet för att styrenhetens 15 förstärkare skall hinna återställas efter pulsen A0. Tiden för återställningen beror på A0-signalens avklingande i förstärkarens kopplingskondensatorer. Pulsen F9 11 har samma längd och periodtid som N7 och infaller 9 ms 12 efter A0.

Om man använder strömpulser på 2 A i en 10-varvig slinga åstadkommer man värdet 20 Amperevarv, vilket innebär en dirigeringsyta för fjärrsystemet med en radie på i normala förhållande c:a 6 meter. Nackdelen med strömpulser är att möjligheten att utnyttja resonanskretsar inte finns. Istället behövs en större ström för att räckvidden för dirigeringsytan, inom vilken avkänningsenheten kan avkänna ett magnetfält från dirigeringsstationen, skall bli tillräcklig. Ibland utnyttjar man push-pull för att åstadkomma en större ström utifrån den spänning på 40V som normalt är tillåten för den här typen av system. Det är alltid önskvärt att öka antalet amperetimmar men det ökar också magnetfältet. Och eftersom dirigeringsystemet skall operera i miljöer där människor normalt rör sig är det viktigt att hålla nere magnetfältet.

Att använda strömpulser ger en möjlighet för roboten, vilken kommunicerar med slingan 2 och dirigeringsstationen 3 genom magnetfälten, att slippa problemen att superponeras med andra magnetfält. Genom att strömpulserna infaller vid olika tidpunkter, under korta tidsintervall och genom att man låter roboten endast lyssna efter pulser under motsvarande tidsintervall kan systemet sortera bort annat magnetfältsbur som kan riskera störa robotens funktion. Styrenheten kan även låtas lyssna efter A0 pulser 7 och synkronisera sig mot dessa. Om inte A0 används kan robotens synkroniseras mot någon annan puls.

I fig. 3 visas roboten. Den innefattar en avkänningsenhet 14,15,16 som del av dirigeringsystemet. Dessutom har roboten hjul 13 vilka inte skall anses begränsa uppfinningstanken. Drivband en alternativ möjlighet Avkänningsenheten utgörs normalt av en gemensam enhet vilken innefattar funktioner för mottagande 14 (i fortsättningen kallas mottagare) av magnetfält, styrning 15 (i fortsättningen kallad styrenhet) för bearbetning av det mottagna magnetfält samt en motorstyrning 16 för styrning av drivmotorer och ställbara hjul på roboten. I figuren visas funktionerna som separata enheter vilket har till syfte att visa på att avkänningsenheten har dessa funktioner. I praktiken sker uppdelningen oftast med hjälp av mjukvara i en datorenhet, där mjukvaran kompletteras med lite extra komponenter till datorenheten. Mottagarenheten består normalt av en eller flera spolar vilka omsluter en i respektive spoles mitt inplacerad ferritstav. Spolen och magnetstaven placeras normalt horisontellt men om dirigeringsstationen skulle vara orienterad vertikalt e.dyl. skulle spolen och staven eventuellt behöva vridas för att ha möjlighet att ta emot

magnetfältet. Med flera spolar har man möjligheten att placera dessa i olika riktningar. Det magnetfält som har en fältriiktning vsäentligen parallell med spolens påverkar mottagarenheten genom att spolen känner av den förändrade fältstyrkan. Styrenheten tar emot signalerna från mottagarenheten och utvärderar informationen. Den kommunicerar sedan vidare signaler till motorstyrningen 16, vilken styr de motorer (visas ej) vilka driver hjulen 10.

En styrenhet som funktion för den här typen av apparat har givetvis många uppgifter, såsom att kontrollera verktyg/klippare/borst etc eventuellt monterade i roboten. Till hjälp för det har en sådan styrenhet normalt minnesenheter för lagring av programkod som den exekverar vid drift. Av intresse för den föreliggande uppfinningen är främst dess bearbetning av magnetfält utsända av en slinga och mottagna av mottagarenheten 14. Därför visas roboten delar endast schematiskt. Bearbetningen beskrivs närmare i samband med genomgången av robotens funktion nedan.

Dirigeringsstationens 3 uppgift är att med hjälp av ett närsystem och/eller ett fjärrsystem åstadkomma flera dirigeringsytor för robotens manövrering i förhållande till diriegringsstationen. Med olika dirigeringsytor avses att magnetfälten från närsystemet respektive fjärrsystemet inte skapar lika stora dirigeringsytor. Magnetfältet som dirigeringsstationen sänder ut kan alstras av en ström med lämplig karaktär såsom en sinusström eller strömpulser. Uppfinningstanken begränsas inte till vilken karaktär strömmen har. Det väsentliga är att de magnetfält som alstras runt stationen är urskiljbara och tolkningsbart av avkänningsenheten (14,15,16). Nedan kommer det vertikala magnetfältets riktning att beskrivas. Med det avses den riktning magnetfältet har i en viss punkt vid en viss tidpunkt. För pulssystem är riktningen alltid den som figurerna visar med för ett sinussystem eller liknande växlar magnetfältet riktning hela tiden.

I fig.5 visas en möjlig utformning av dirigeringsstationen 3. Slingan 6 är i figuren illustrativt lindad 3 varv, men det är väl möjligt att använda fler eller färre varv. Det område slingan täcker motsvarar stationsytan. Stationsytan behöver nödvändigtvis inte ha en horisontell utbredning. Utformningen lämpar sig att användas för fjärrsystemet, vilket är tänkt att bidra till robotens manövrering när den rör sig långt utanför dirigeringsstationen 3. Om slingan skulle illustreras placerade vertikalt skulle

fortfarande magnetfältet bredda ut sig ut från stationen, men fältet skulle vara vridet 90 grader.

I fig. 6 visas hur det av mottagarenheten 14 avkända magnetfältet ser ut i en tidpunkt. Eftersom slingan i utföringsexemplet är placerad horisontellt avkänner den vertikala spolen det vertikala magnetfältet. Spolen är placerad 10 cm ovanför marken. Styrkan och riktningen på detta fält är den information roboten använder sig av för att navigera. I den övre delen av figuren visas slingan 6. Ramen 40 illustrerar var i förhållande till slingan som det vertikala fältet 41 byter riktning. Anledningen till att riktningsbytet sker utanför slingan är att de parallella slingavsnitt som har motriktad ström påverkar varandra i så hög grad att magnetfältets riktningsbyte tvingas utåt. Fenomenet blir starkare ju närmare varandra slingavsnitten är placerade.

Kurvan för det vertikala fältet 41 har sitt högsta värde 42 innanför slingan 6 och sina lägsta värden 43 en bit utanför slingan. De två pucklarna indikerar att fältstyrkan minskar med avståndet till ledarna även innanför slingan 6. Utanför slingan avtar styrkan snabbt. Längre ner i fig. 6 visas hur det vertikala fältet 44 som roboten känner av en bit utanför slingan avtar. Kurvan är ganska flack men om skalan på slingan 6 skulle minskas skulle kurvan istället falla ganska snabbt inom figuren. Magnetfält avtar snabbt med tredjekvadraten på radien på avståndet till slingan, vilket gäller för alla magnetfält i dirigeringsystemet. Observera att det vertikala fältet 44 i samma tidpunkt har en negativ riktning i förhållande till fältets 41 innanför slingan.

I fig. 7 visas en vy där ledarnas tvärsnitt och magnetfältets väsentliga fältriktning 45 innanför slingan 6 visas. Fältriktningen 45 motsvaras av att signalgeneratorm 1 har sänt en ström som rör sig motsols i fig. 5 - 6. Kryssen i fig. 7 motsvaras av att strömmen rör sig inåt i figuren och punkterna av att den rör sig utåt. Observera att det vertikala magnetfältet som robotens avkänningsenhet 14,15,16 avkänner utanför fjärrsystemets dirigeringsyta (c:a 6 meter vid 20 amperetimmar) kommer vara så lågt att avkänningsenheten inte kan avkänna det.

I fig.4 visas en annan möjlig utformning av dirigeringsstationen 3. Stationen innehåller en högra och en vänstra slinga 4. Slingorna är vardera illustrativt lindade 3 varv, men det är väl möjligt att använda fler eller färre varv. Det område slingorna

täcker motsvarar stationsytan. Stationsytan behöver nödvändigtvis inte ha en horisontell utbredning eller utsträcka sig i samma riktning som slingan 6 om dessa kombineras. Utformningen lämpar sig att användas både som det fjärrsystem vilket är tänkt att dirigera roboten när den rör sig långt utanför dirigeringsstationen 3 och som det närsystem vilket är tänkt att dirigera roboten när den rör sig nära dirigeringsstationen. I fig. 4 är slingorna 4 anslutna i anslutningsboxen 17 så att båda i en tidpunkt uppvisar samma magnetfältetsriktning 46 inom det område respektive slinga 4 omsluter. Anslutningen kan göras med hårdvara och eller mjukvara av signalgeneratorm 1. Resultatet blir ett magnetfältsutseende på det vertikala magnetfältet vilket motsvarar den som visas i fig. 6. Om slingorna skulle illustreras placerade vertikalt skulle fortfarande magnetfältet breda ut sig ut från stationen, men fältet skulle vara vridet 90 grader. Utförandet av stationen enligt fig. 4 lämpar sig för ett fjärrsystem.

I fig. 8 är slingorna 4 anslutna med anslutningsboxen 17 så att de i en tidpunkt uppvisar ett magnetfält med en riktning 50,51 inom de område respektive slinga 4 omsluter som är motriktade varandra. Resultatet blir ett vertikalt av mottagarenheten 14 avkänt vertikalt magnetfält 52 som visas i fig. 9. Spolen är placerad 10 cm över marken. Även här tvingas riktningsbytet 53 utåt. Kurvans 52 pucklar illustrerar det faktum att fältstyrkan minskar med avståndet från ledarna även innanför slingorna. Puckelns utseende beror på var spolen är placerad i förhållande till slingan. Utanför slingan avtar magnetfältet 52 snabbare än i fallet med en slinga 6 eftersom fälten från den båda slingorna påverkar varandra. Vid 20 amperevarv (2 A och 10 varv) är räckvidden för dirigeringsytan c:a 1 meter utanför stationen. I fig. 9 nedre del visas det avkända magnetfältet 54 en bit ifrån slingan. En linje 55 illustrerar var de båda magnetfältens 50,51 samverkan resulterar i ett nollfält. Längs denna linje sker ett byte av fältriiktning, dvs om roboten passerar över denna linje avkänner avkänningsenheten att fältet byter riktning. Längre ut kommer linjen breda ut sig som en tratt eftersom fältet avtar. Inom tratten avkänner avkänningsenheten väsentligen inte något fält: Trattens utbredning varierar över tiden beroende på störningar alstrade inom och utom dirigeringsystemet och att fälten från de två slingorna samverkar med varandra.

I fig. 10 visas den väsentliga fältriktningen 56 för magnetfälten runt slingornas 4 ledare. Fältriktningen 56 motsvaras av att signalgeneratorm har sänt en ström som rör sig motsols i den högra slingan och medsols i den vänstra slingan. Kryssen. motsvaras av att strömmen rör sig inåt i figuren och punkterna av att den rör sig utåt.

I den senast beskrivna utföringsformen av dirigeringsstationen med två slingor 4 omnämns anslutningsboxen 17. Om man använder sig av strömpulser och låter signalgeneratorm styra anslutningarna baserat på dessa pulser kan man uppnå en användbar uppdelning av magnetfält i tiden. Om det finns en yttre slinga kan man låta pulsen A0 7 för synkronisering gå genom den yttre slingan 2. Alternativt kan man sända A0 genom någon annan befintlig slinga. Pulsen N7 9 kan förslagsvis gå igenom slingorna 4 anslutna enligt fig. 8 och pulsen F9 11 gå genom slingorna 4 anslutna enligt fig. 5. Därmed kan det räcka med en utformning av slingor i dirigeringsstationen 3. Styrning innebär en ständig förändring av anslutningen mellan slingorna baserat på vilken puls som är i antågande. Resultatet blir att man åstadkommer ett kombinerat fjärrsystem och närsystem. Mottagarenheten 14 kommer att registrera upp till 3 magnetfält vilka uppkommer vid olika tidpunkter, se fig. 2, och kontrollerar sina rörelser utifrån någon av dessa.

Alternativt kan man använda en slinga av typen 6 för fjärrsystemet och de två slingorna 4 för närsystemet, där slingorna utbreder sig i samma eller olika riktningar. Det är ibland önskvärt att åstadkomma ett riktningsbyte för magnetfälten som sammanfaller i rummet för närsystemet och fjärrsystemet. I sådana fall är en separat fjärrslinga som omsluter närslingorna att föredra. Eftersom närslingornas 4 riktningsbyte tvingas längre ut än för fjärrslingan 6 åstadkommer man genom arrangemanget att riktningsbytena sammanfaller i rummet.

Vid valet av strömkaraktär i systemet är det viktigt att tänka om det behövs en referens. Syftet med robotens dirigering som beskrivs nedan är att avkänningsenheten vid behov har en möjlighet att avgöra i förhållande till vad som fältets riktning skall avgöras. Om systemet bara innefattar ett fjärrsystem går det mycket väl att bara använda en sinuston för att alstra magnetfältet 42. Roboten kommer inom dirigeringsytan för fjärrsystemet endast navigera sig efter fältstyrkan, varvid avkänningsenheten när den hamnar innanför slingan tar hänsyn till att fältet byter

riktning. För manövreringen inom den dirigingsyta närsystemet alstrar behövs däremot minst två toner med olika frekvens (multipel i förhållande till varandra) för att avkänningsenheten skall kunna göra en jämförelse. Annars kommer roboten inte veta vad som är höger och vänster på närsystemet.

I och med att båda tonerna alstrar magnetfält som växlar riktning med ett visst förhållande beroende på tonernas frekvensförhållande till varandra jämföra de respektive magnetfälts riktning i en tidpunkt. Samma två toner sänds genom båda slingorna 4. Om dirigeringsystemet innefattar både ett fjärrsystem och ett närsystem kan en ton sändas genom närsystemet och en genom fjärrsystemet. Totalt behövs minst två toner i dirigeringsystemet. Om man använder strömpulser uppstår inte problemet med jämförelse eftersom avkänningsenheten vet vilken riktning magnetfältet kommer att ha genom att strömpulserna endast sänds med en riktning. Ett tredje alternativ för avkänning är att skicka ut fält med olika riktning. En sådan metod kräver spolar placerade så att de kan känna av de olika fälten.

Med hänvisning till figurerna 11 - 12 skall nu dirigeringsystemets funktion beskrivas. Huvudsyftet med kommunikationen mellan roboten och dirigeringsstationen 3 är främst att roboten skall kunna styra sina rörelser i förhållande till stationen utan att behöva använda slingföljning. Signalgeneratoren 1 alstrar ström i dirigeringsstationen 3 vilken i sin tur genererar magnetfält, vilka skapar de dirigeringsytor inom vilka roboten kan navigeras. Magnetfälten registreras av mottagarenheten 14 på roboten och styrenheten 15 sorterar ut övrigt magnetfältsbrus från de registrerade magnetfälten.

Oavsett strömmens karaktär kommer styrenheten 15, vilken innehåller ett antal algoritmer för att hantera det mottagna magnetfältet, utnyttja den information magnetfältet innehåller för olika ändamål. När en algoritm för avkänning av ett magnetfält från dirigeringsstationen 3 är aktiverad (kan ex.v. aktiveras av att batterinivån börjar bli låg) ser den till att roboten 5, när den vid rörelse uppfattar att fältstyrkan förändras väljer beroende på algoritm att röra sig mot högre fältstyrka, följa en fältlinje för konstant fältstyrka, röra sig mot lägre fältstyrka eller stanna upp och eventuellt vrida sig. Avkänningen baseras naturligtvis inte på de variationer strömmen har inom varje signalperiod utan på magnetfältets styrka eller förhållandet

mellan två magnetfält. Roboten manövrerar sig alltså utifrån avkänningen av fältets egenskaper..

I fallet med fjärrsystemet visas i fig. 11 två av robotens 5 möjliga rörelsevägar. När algoritmen för avkänning av magnetfältet 43 och 44 är aktiverad ser för en rörelseväg 46 till att roboten, när den är i rörelse och uppfattar att fältstyrkan blir starkare fortsätter rakt fram. Om fältstyrkan vid rörelse uppfattas som oförändrad vrider sig roboten 90 grader åt något håll. Om fältstyrkan vid rörelse uppfattas som att den sjunker vrider roboten 180 grader. Rörelsen ger möjlighet att endast använda fjärrsystemet för att dirigera roboten. Resultatet skulle bli att roboten söker sig in mot dirigeringsstationens 3 mitt från någon obestämd riktning. Vid en alternativ rörelseväg 47 söker roboten upp en isobar 48 som motsvarar en specifik magnetfältsstyrka och följer denna. När mottagarenheten 14 kommer innanför slingan och fältet byter tecken ser algoritmen till att ta hänsyn till det. Vid utnyttjandet av fjärrslingan är roboten inte beroende av att veta vilken riktning fältet har.

I fallet med närsystemet visas i fig. 12 en möjlig rörelseväg för en annan algoritm. Det genererade fältet i närsystemet breder ut sig c:a en meter ut från slingorna 4. När algoritmen för avkänning av magnetfältet 52 och 54 är aktiverad ser den till att roboten, när den är i rörelse och träffar på linjen 55, vilken motsvarar ett byte av fältriktning, med dödräkning på hjulen kör till bakaxeln väsentligen är placerad över linjen. Därefter vrider den sig till mottagarenheten åter känner av ett riktningsbyte. Roboten följer därefter linjen in mot slingorna. Algoritmen vet vilket håll den skall vrida sig genom att den känner till förhållandet mellan magnetfälten respektive slinga sänder ut.

När robotens avkänningsenhet kommer väsentligen innanför dirigeringsstationens utbredningsområde byter magnetfälten riktning. Var riktningsbytet sker har beskrivits i texten. Samtidigt kommer fältstyrkan åter att minska. Hur fältstyrkan förändras beror på om det är ett fjärrsystem med en eller två slingor eller ett närsystem. Vid fältbytet befinner sig roboten väldigt nära stationen och kommer genom fältbytet att få vetskap om det. För närsystemet utgör detta ett mindre problem eftersom roboten genom att följa linjen 55 redan har en tillfredsställande manövrering. Där behöver man främst se upp med att omslaget i fältriktning är väldigt kraftig mellan slingorna 4.

Däremot för fjärrsystemet kommer fältstyrkan åter minska inom stationsytan. En möjlighet är att avkänningsenheten kastar om sina beräkningar och istället söker sig mot lägre fältstyrka så länge den inte avkänner ett byte av fältriktning igen. Ett sådant byte skulle ju indikera att avkänningsenheten åter befann sig utanför stationen.

Att endast använda slingan 6 för dirigeringsstationen innebär att man inte får en finjustering mot kontaktpolerna, utan laddstationen måste utformas som en hatt med möjlighet till kontakt från alla håll. Med en sådan hatt kan dirigeringsstationen ha utförandet visat i fig. 5 eller utbreda sig cirkulärt. Roboten kommer där bara att styra mot högre fältstyrka och hitta hattens poler oavsett vilken riktning den kommer från. Genom att kombinera närsystemet och fjärrsystemet och använda rörelseväg 47 och 57 kan roboten först följa en isobar 48 för fjärrsystemet till den träffar på linjen 55, varefter den söker sig in längs linjen. Alternativt kan roboten följa en isobar för närsystemet. Isobaren för närsystemet går till viss del parallellt med linjen 55 så i princip skulle denna rörelse leda roboten ända in. Men eftersom roboten är stor och trög så räcker en sådan följning ofta inte till utan roboten utnyttjar linjen 55..

Med avseende på roboten är möjliga användningsområden för denna typ av dirigeringsystem bearbetande robotar såsom gräsklipparrobotar och dammsugarrobotar. Sådana innehåller bearbetande verktyg som knivar eller borstar. Där skulle man exempelvis kunna tänka sig att styrenheten reglerar deras funktion baserat på den information som slingorna sänder ut. Exempelvis slås knivarna av vid vissa rörelser. Andra robotar skulle kunna vara rengöringsrobotar för våtrengöring av stora golvytor, exempelvis i industribyggnader. Valet av användningsområde är inte väsentlig utan ansökan avser söksystemet.

Utföringsexemplenas uppgift är konkretisera uppfinningen och skall inte tolkas som en begränsning av uppfinningen. I uppfinningstanken ligger också möjligheten att utrusta systemet med fler eller färre slingor och signalgeneratorer för att exempelvis begränsa ytor över vilka roboten är tänkt att röra sig, dirigera roboten längs med en slinga samt eventuellt använda fler än en robot. Ytterligare utföringsformer inryms därför inom den i patentkravet 1 angivna uppfinningstanken. Uppfinningen begränsas alltså inte till det ovan beskrivna och på ritningarna visade utföringsexemplet utan

förfarandet kan användas inom alla de områden där söksystem för autonoma anordningar på hjul, normalt benämnda robotar, används.

PATENTKRAV

1. Förfarande för manövrering av en självgående anordning (5) med hjälp av ett elektroniskt dirigeringsystem innefattande åtminstone en dirigeringsstation (3) ansluten till åtminstone en signalgenerator (1) samt en på den självgående anordningen (5) anordnad avkänningsenhet (14,15,16), varvid avkänningsenheten (14,15,16) åtminstone avkänner ett i luftmediet sig utbredande tids- och rumsvarierande magnetfält utsänt via dirigeringsstationen (3) och i sin tur sänder vidare åtminstone en av avkänningsenheten (14,15,16) bearbetad signal till åtminstone en drivkälla som bidrar till anordningens (5) rörelser över en yta,

k ä n n e t e c k n a t a v

signalgeneratorn (1) sänder en ström genom dirigeringsstationen (3), vilken ström alstrar det tids- och rumsvarierande magnetfältet (43,44,52,54), varvid avkänningsenheten (14,15,16) manövrerar anordningen (5) baserat på det avkända magnetfältets (43,44,52,54) egenskaper.

2. Förfarande enligt patentkravet 1 k ä n n e t e c k n a t a v att anordningen (5) när den är i rörelse väsentligen utanför dirigeringsstationens utbredningsområde och avkänner en förändring av magnetfältet (44,54) manövrerar sig i relation till dirigeringsstationen (3) genom en eller flera av manövreringarna att närma sig, väsentligen hålla sig på ett konstant avstånd ifrån eller avlägsna sig ifrån dirigeringsstationen (3) alternativt stanna och/eller vrida sig.

3. Förfarande enligt patentkravet 2 k ä n n e t e c k n a t a v att anordningen (5) när den rör sig i en kursriktning och avkänner en oförändrad magnetfältsstyrka (44,54) byter riktning 90 grader, att anordningen när den rör sig i en kursriktning och avkänner en ökad magnetfältsstyrka (44,54) fortsätter i samma kursriktning och att anordningen när den rör sig i en kursriktning och avkänner en minskad magnetfältsstyrka (44,54) byter kursriktning 180 grader.

4. Förfarande enligt något av patentkraven 2 – 3 k ä n n e t e c k n a t a v att anordningen (5) rör sig i en kursriktning som motsvaras av att det avkända magnetfältet (44,54) är konstant.

8. Förfarande enligt något av de tidigare patentkraven k ä n n e t e c k n a t a v att åtminstone en signalgenerator (1) sänder en andra ström genom dirigeringsstationen (3) och samma (1) eller en annan signalgenerator (1) sänder en tredje ström genom dirigeringsstationen (3), varvid det magnetfält (43,44) den andra strömmen alstrar i ett andra område väsentligen innanför dirigeringsstationens (3) utbredningsområde vid en tidpunkt har en riktning som är väsentligen motsvarar riktningen (46) på det magnetfält (43,44) den tredje strömmen vid samma tidpunkt alstrar i ett tredje område väsentligen innanför dirigeringsstationens (3) utbredningsområde.

9. Förfarande enligt något av patentkraven 1 - 7 k ä n n e t e c k n a t a v att åtminstone en signalgenerator (1) sänder en andra ström genom dirigeringsstationen (3) och samma (1) eller en annan signalgenerator (1) sänder en tredje ström genom dirigeringsstationen (3), varvid det magnetfält (52,54) den andra strömmen alstrar i ett andra område väsentligen innanför dirigeringsstationens (3) utbredningsområde vid en tidpunkt har en riktning som är väsentligen motsatt riktningen (50,51) på det magnetfält (52,54) den tredje strömmen vid samma tidpunkt alstrar i ett tredje område väsentligen innanför dirigeringsstationens (3) utbredningsområde.

10. Förfarande enligt något av patentkraven 8 - 9 k ä n n e t e c k n a t a v att den andra strömmen motsvaras av den tredje strömmen.

11. Förfarande enligt patentkravet 9 k ä n n e t e c k n a t a v att utanför och inom dirigeringsstationens utbredningsområde uppstår ett osäkert område (55) vilket väsentligen avgränsar två områden vilka vid en tidpunkt har magnetfält vilka är väsentligen motriktade varandra..

12. Förfarande enligt något av patentkraven 8 - 11 k ä n n e t e c k n a t a v att riktningen (46,50,51) på de i det andra och det tredje området alstrade magnetfälten (43,44,52,54)) beror av de utsända strömmarnas egenskaper.

13. Förfarande enligt något av de tidigare patentkraven k ä n n e t e c k n a t a v att åtminstone en ström i systemet utgörs av en sinuskomponent.

14. Förfarande enligt något av de tidigare patentkraven k ä n n e t e c k n a t a v att åtminstone en ström som sänds i systemet under merparten av tiden är i ett vilotillstånd där den är väsentligen konstant varvid vilotillståndet periodvis avbryts av åtminstone en karaktäristisk referensströmpuls (7,9,11).

15. Förfarande enligt patentkravet 14 k ä n n e t e c k n a t a v att avkänningsenheten (14,15,16) med kännedom om referensströmpulsens (7,9,11) egenskaper anpassar de tidsintervall inom vilka avkänningsenheten (14,15,16) avkänner magnetfält.

16. Förfarande enligt patentkravet 15 k ä n n e t e c k n a t a v att med anpassning avses att avkänningsenheten (14,15,16) tidsmässigt synkroniserar den frekvens vid vilken enheten (14,1,5,16) arbetar utifrån referensströmpulsen (7,9,11).

17. Förfarande enligt något av patentkraven 15 - 16 k ä n n e t e c k n a t a v att med anpassning avses att avkänningsenheten (14,15,16) tidsmässigt synkroniserar tidsintervallens egenskaper utifrån referensströmpulsens (7,9,11) egenskaper.

18. Förfarande enligt något av patentkraven 14 - 17 k ä n n e t e c k n a t a v att varje signalgenerator (1) i dirigeringsystemet synkroniserar sina utsända strömpulser (7,9,11) mot övriga strömpulser (7,9,11) i systemet så att inga strömpulser (7,9,11) infaller samtidigt i samma signalperiod (8).

19. Förfarande enligt något av patentkraven 14 - 18 k ä n n e t e c k n a t a v att varje signalgenerator (1) i dirigeringsystemet synkroniserar sina utsända strömpulser (7,9,11) mot övriga strömpulser (7,9,11) i systemet så att signaler genererade i avkänningsenheten (14,15,16) av en av de utsända strömpulserna (7,9,11) åtminstone delvis klingat av när signaler genererade av nästa utsända strömpuls (7,9,11) infaller.

20. Förfarande enligt något av patentkraven 14 - 19 k ä n n e t e c k n a t a v att en utsänd strömpuls (7,9,11) i varje slinga (2,3,4,6) har ett tidsförlopp där strömmen under detta förlopp är såväl positiv och negativ i förhållande till den viloström slingan (2,3,4,6) uppvisar.

21. Förfarande enligt något av patentkraven 14 - 20 k ä n n e t e c k n a t a v att avkänningsenheten (14,15,16) registrerar positiva och negativa flanker på strömpulserna (7,9,11), varvid tidsavståndet mellan dessa två flanker avgör enhetens hantering av den registrerade informationen.

22. Förfarande enligt något av patentkraven 8- 12 och något av patentkraven 14 - 21 k ä n n e t e c k n a t a v att magnetfältets (43,44,52,54) riktningen (46,50,51) inom det andra respektive det tredje område vid en tidpunkt beror på strömpulsers (7,9,11) egenskaper och förekomst.

23. Förfarande enligt patentkravet 22 **k ä n n e t e c k n a t a v** att vid uppkomst av en strömpuls N7 (9) uppvisar magnetfältet (25) i det andra området vid en tidpunkt en riktning (22) väsentligen motsatt magnetfältets riktning (23) vid samma tidpunkt i det tredje området och vid uppkomsten av en annan strömpuls F9 (11) uppvisar magnetfältet (25) i det andra området vid en tidpunkt en riktning (18) väsentligen motsvarande magnetfältets riktning (18) i det tredje området.

24. Elektroniskt dirigeringsystem för en självgående anordning (5), vilket system innefattar åtminstone en dirigeringsstation (3) ansluten till åtminstone en signalgenerator (1) samt en på den självgående anordningen (5) anordnad avkänningsenhet (14,15,16), varvid avkänningsenheten (14,15,16) avkänner åtminstone ett i luftmediet sig utbredande tids- och rumsvarierande magnetfält åtminstone utsänt via dirigeringsstationen (3) och i sin tur sänder vidare åtminstone en av avkänningsenheten (14,15,16) bearbetad signal till åtminstone en drivkälla som bidrar till anordningens rörelser över en yta, **k ä n n e t e c k n a t a v** att systemet innefattar medel med vilka signalgeneratoren (1) sänder en ström genom dirigeringsstationen (3), vilken ström alstrar det tids- och rumsvarierande magnetfältet (43,44,52,54), varvid avkänningsenheten (14,15,16) innefattar medel med vilka anordningen (5) manövreras baserat på det avkända magnetfältets (43,44,52,54) egenskaper.

25. Förfarande enligt patentkravet 24 **k ä n n e t e c k n a t a v** att åtminstone en ström som sänds i systemet under merparten av tiden är i ett vilotillstånd där den är väsentligen konstant varvid vilotillståndet periodvis avbryts av åtminstone en karaktäristisk referensströmpuls (7,9,11).

26. Elektroniskt dirigeringsystem enligt något av patentkraven 24 - 25 **k ä n n e t e c k n a t a v** att dirigeringsstationen (3) utgörs av en första slinga (6) vilken innesluter ett första område.

27. Elektroniskt dirigeringsystem enligt något av patentkraven 24 - 26 **k ä n n e t e c k n a t a v** att dirigeringsstationen (3) utgörs av en andra och en tredje slinga (4), varvid den andra slingan (4) omsluter ett andra område och den tredje slingan (4) omsluter ett tredje område.

28. Elektroniskt dirigeringsystem enligt något av patentkraven 24 - 27 **k ä n n e t e c k n a t a v** att respektive slinga 4,6) utbreder sig i ett plan.

29. Elektroniskt dirigeringsystem enligt patentkravet 28 **k ä n n e t e c k n a t a v** att planet utbreder sig parallellt med jordytan eller vertikalt mot jordytan.

30. Elektroniskt dirigeringsystem enligt något av patentkraven 24 - 29 **k ä n n e t e c k n a t a v** att åtminstone en slinga utgörs av en elektrisk ledning som är placerad ovanför, i eller under den sammanhängande yta som anordningen är tänkt att röra sig över.

31. Elektroniskt dirigeringsystem enligt något av patentkraven 24 - 30 **k ä n n e t e c k n a t a v** att åtminstone en slinga utgörs av en sammanhängande elektrisk ledning vilken är lindad fler än ett varv.

32. Elektroniskt dirigeringsystem enligt patentkravet 31 **k ä n n e t e c k n a t a v** att den elektriska ledningen utgörs av en fast ledbana placerad på en bärare.

33. Elektronisk dirigeringsystem enligt något av de tidigare patentkraven **k ä n n e t e c k n a t a v** att med självgående anordning (5) avses en bearbetande robot vilken innefattar ett bearbetande system för bearbetning av den yta över vilken roboten rör sig.

34. Elektronisk dirigeringsystem enligt patentkravet 33 **k ä n n e t e c k n a t a v** att det bearbetande systemet kontrolleras baserat på information mottagen och/eller lagrad för bearbetning av avkänningsenheten (14,15,16).

35. Elektronisk dirigeringsystem enligt något av patentkraven 33 - 34 **k ä n n e t e c k n a t a v** att roboten utgörs av en gräsklipparrobot, varvid det bearbetande systemet utgörs av knivar vilka i rörelse skär av det växtmaterial som växer på ytan.

36. Elektronisk dirigeringsystem enligt något av patentkraven 33 - 34 k ä n n e t e c k n a t a v att roboten utgörs av en dammsugarrobot, varvid det bearbetande systemet utgörs av de delar vilka normalt en dammsugarrobot är utrustad med för rengöring av ytan från smuts, exempelvis en roterande borst och en suganordning.

37. Elektronisk dirigeringsystem enligt något av patentkraven 33 - 34 k ä n n e t e c k n a t a v att roboten utgörs av en rengöringsrobot, varvid det bearbetande systemet utgörs av de delar vilka normalt en rengöringsrobot är utrustad med för rengöring av ytan från smuts, exempelvis redskap för våtrengöring.

11012-UB-07

SAMMANDRAG

Föreliggande uppfinning avser ett förfarande och ett elektroniskt dirigeringsystem för en självgående anordning (5), företrädesvis en gräsklipparrobot. Systemet innefattar åtminstone en dirigeringsstation (3) ansluten till åtminstone en signalgenerator (1) samt en på den självgående anordningen (5) anordnad avkänningsenhet (14,15,16). Avkänningsenheten (11,12,13) avkänner åtminstone ett i luftmediet sig utbredande tids- och rumsvarierande magnetfält åtminstone utsänt via dirigeringsstationen (3) och sänder i sin tur vidare åtminstone en av enheten (12) bearbetad signal till åtminstone en drivkälla som bidrar till anordningens rörelser över ytan.

Systemet innefattar medel med vilka signalgeneratorm (1) sänder en ström genom dirigeringsstationen (3), vilken ström alstrar det tids- och rumsvarierande magnetfältet (43,44,52,54), varvid avkänningsenheten (14,15,16) innefattar medel med vilka anordningen (5) manövreras baserat på det avkända magnetfältets (43,44,52,54) egenskaper.

2/8

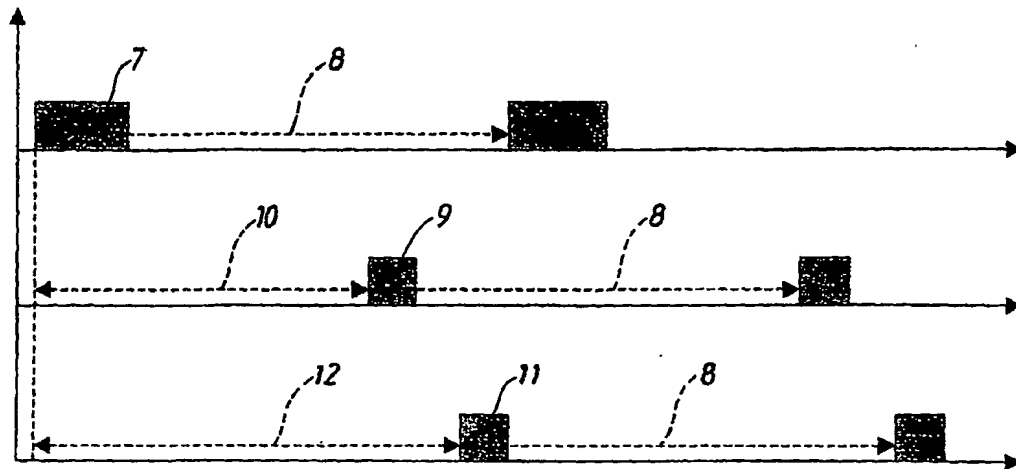
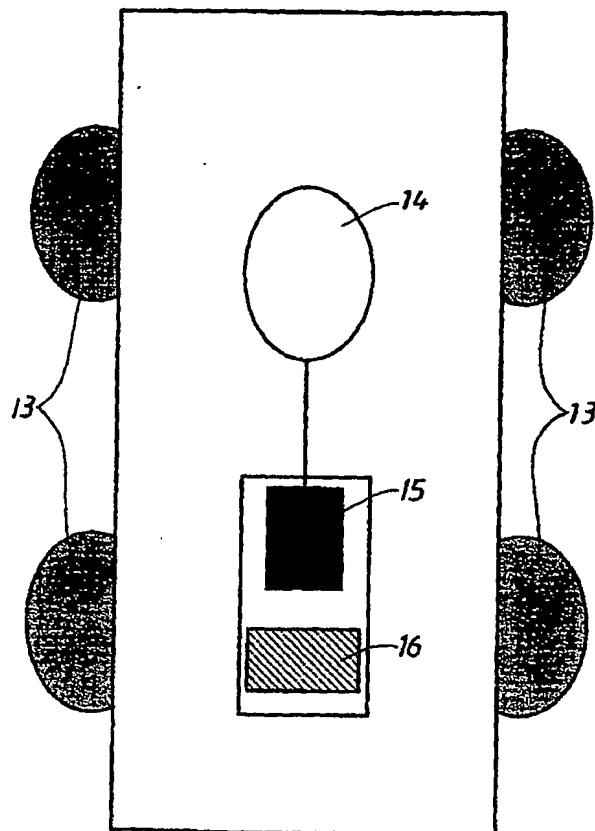


FIG. 2



החוק

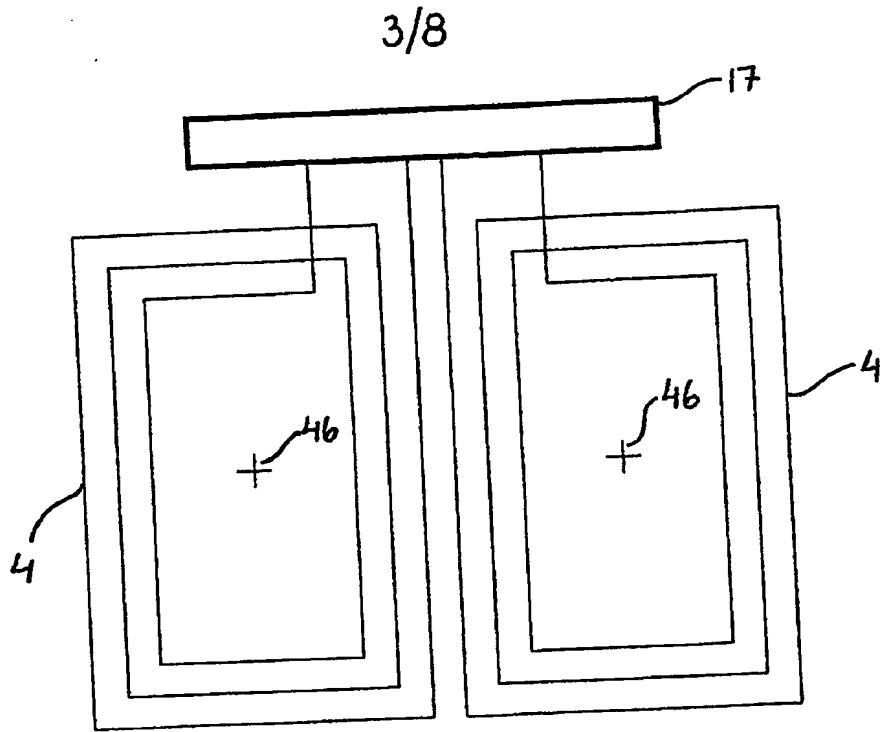


FIG. 4

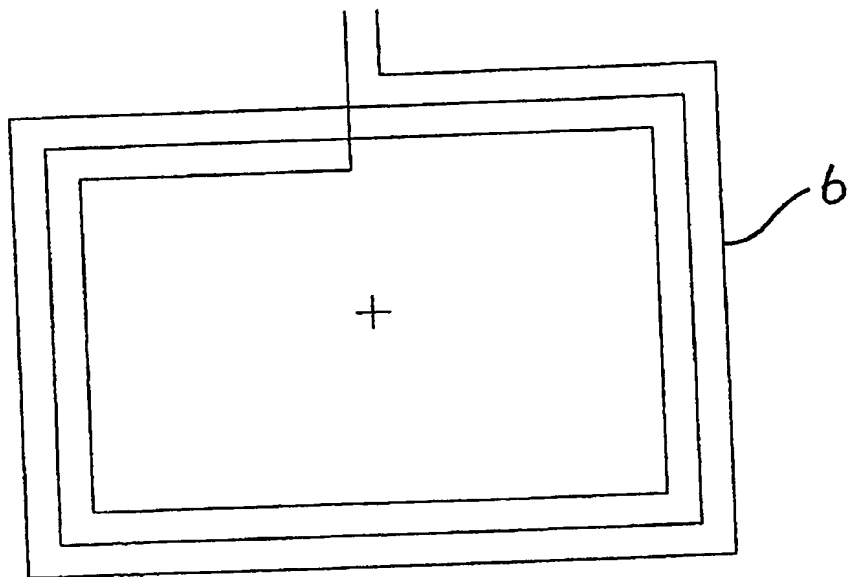


FIG. 5

4/8

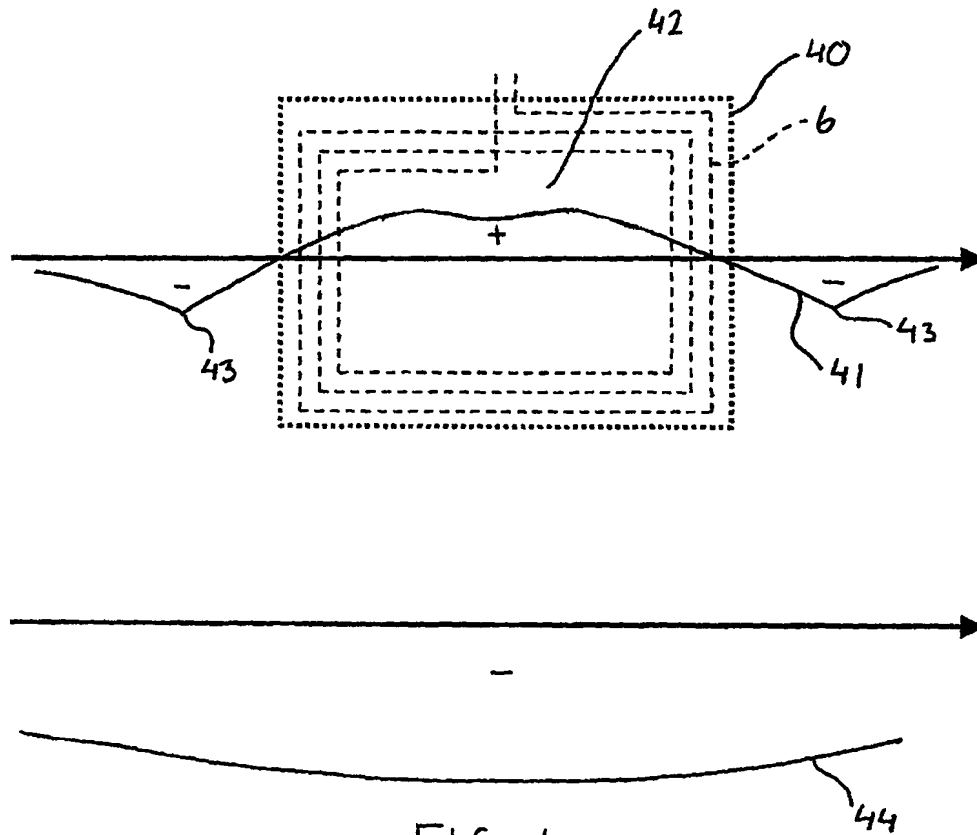


FIG. 6

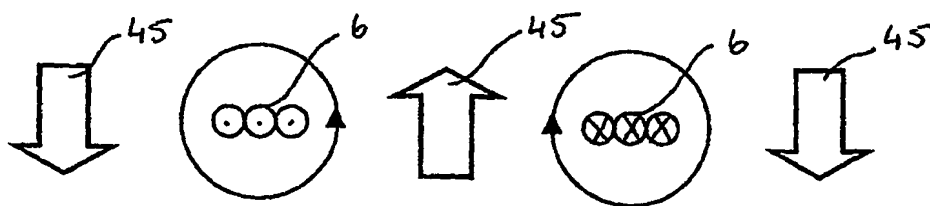


FIG. 7

5/8

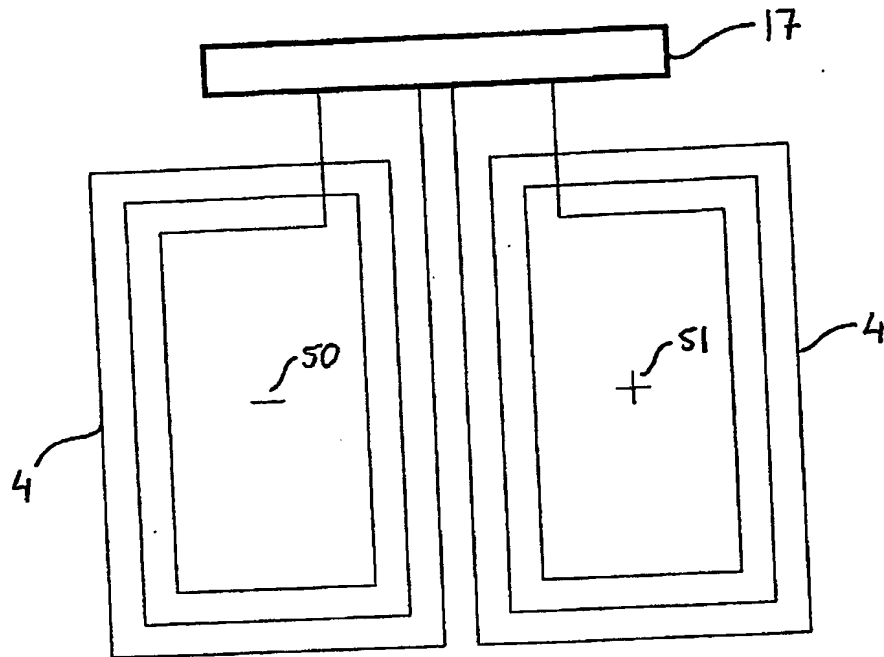


FIG. 8

The diagrams illustrate the steps of a bubble sort algorithm on the list [1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8]:

- Initial state: 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8
- Comparison between 1 and 2: 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8
- Comparison between 2 and 3: 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8
- Comparison between 3 and 4: 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8
- Comparison between 4 and 5: 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8
- Comparison between 5 and 6: 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8
- Comparison between 6 and 7: 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8
- Comparison between 7 and 8: 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8

6/8

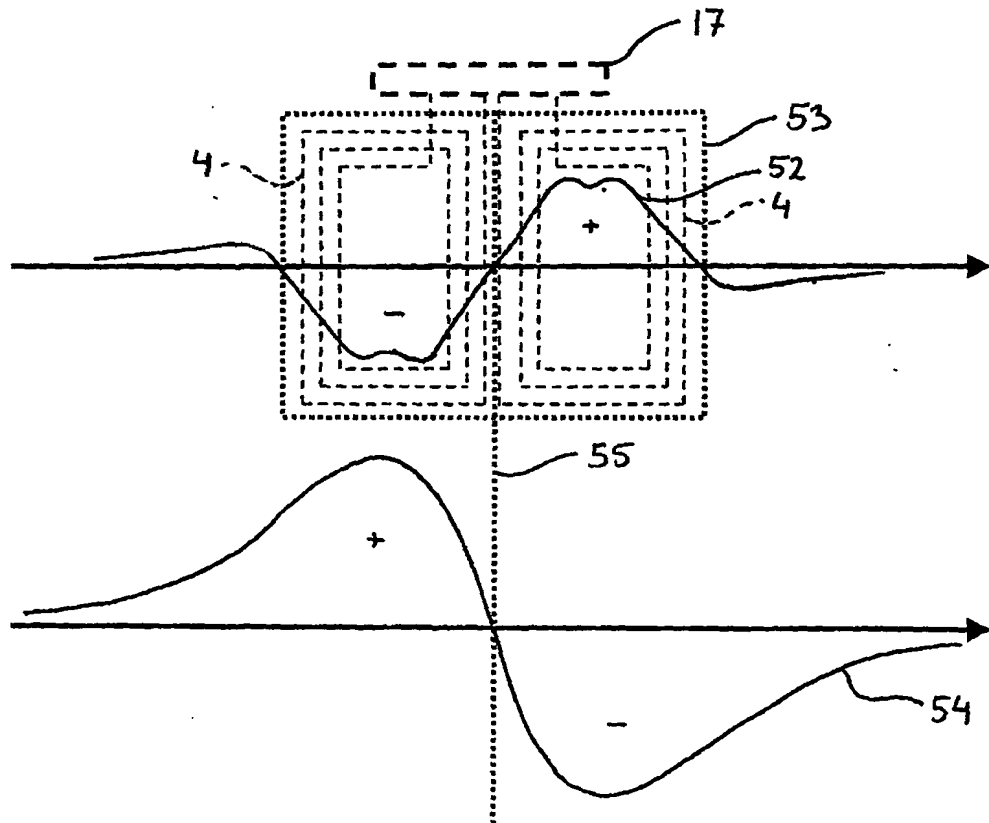


FIG. 9

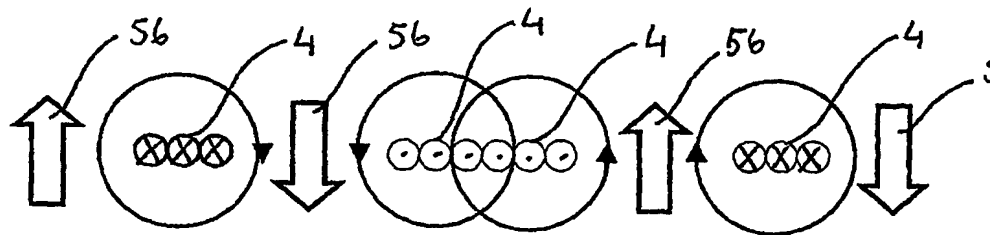


FIG. 10

7/8

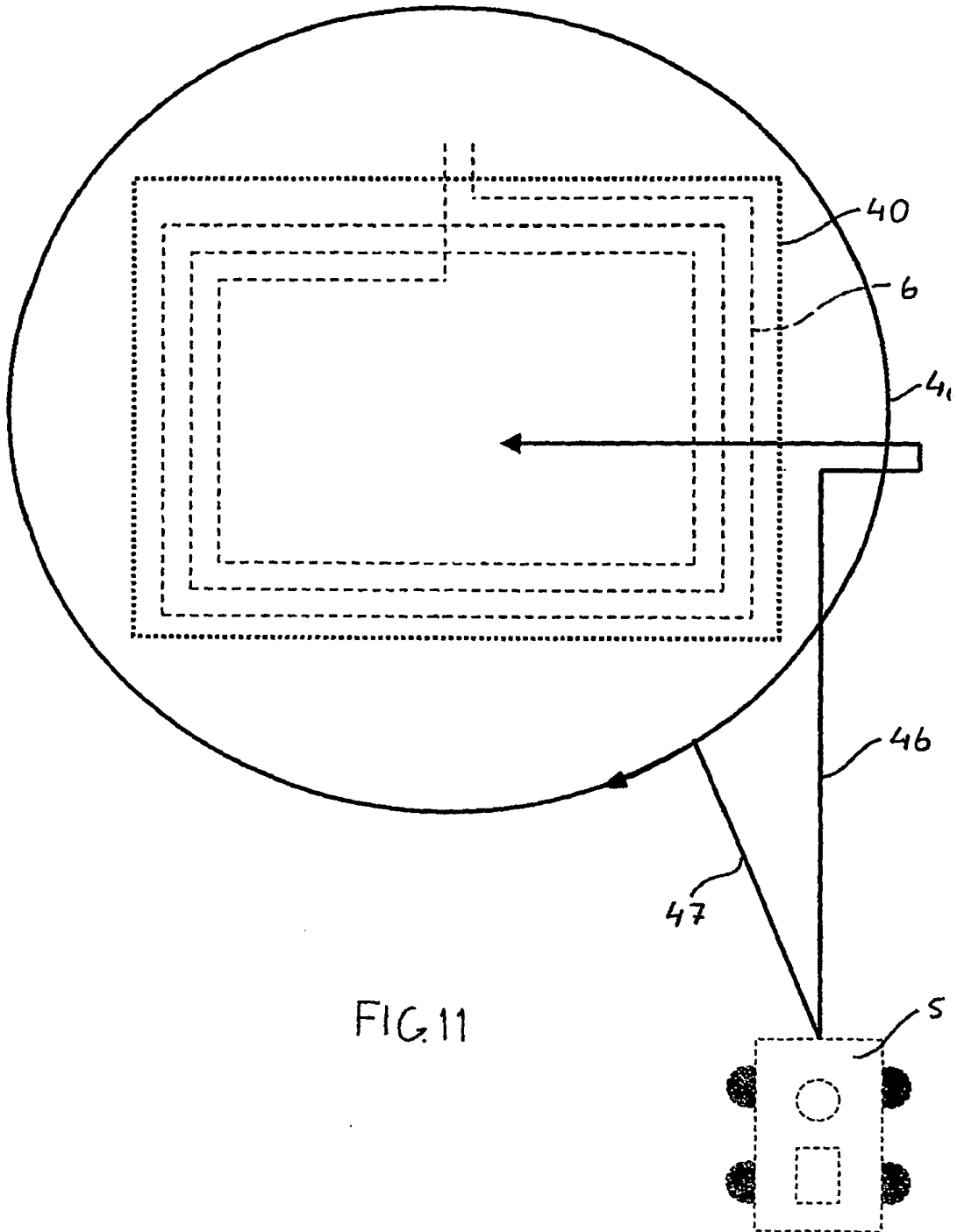


FIG. 11

8/8

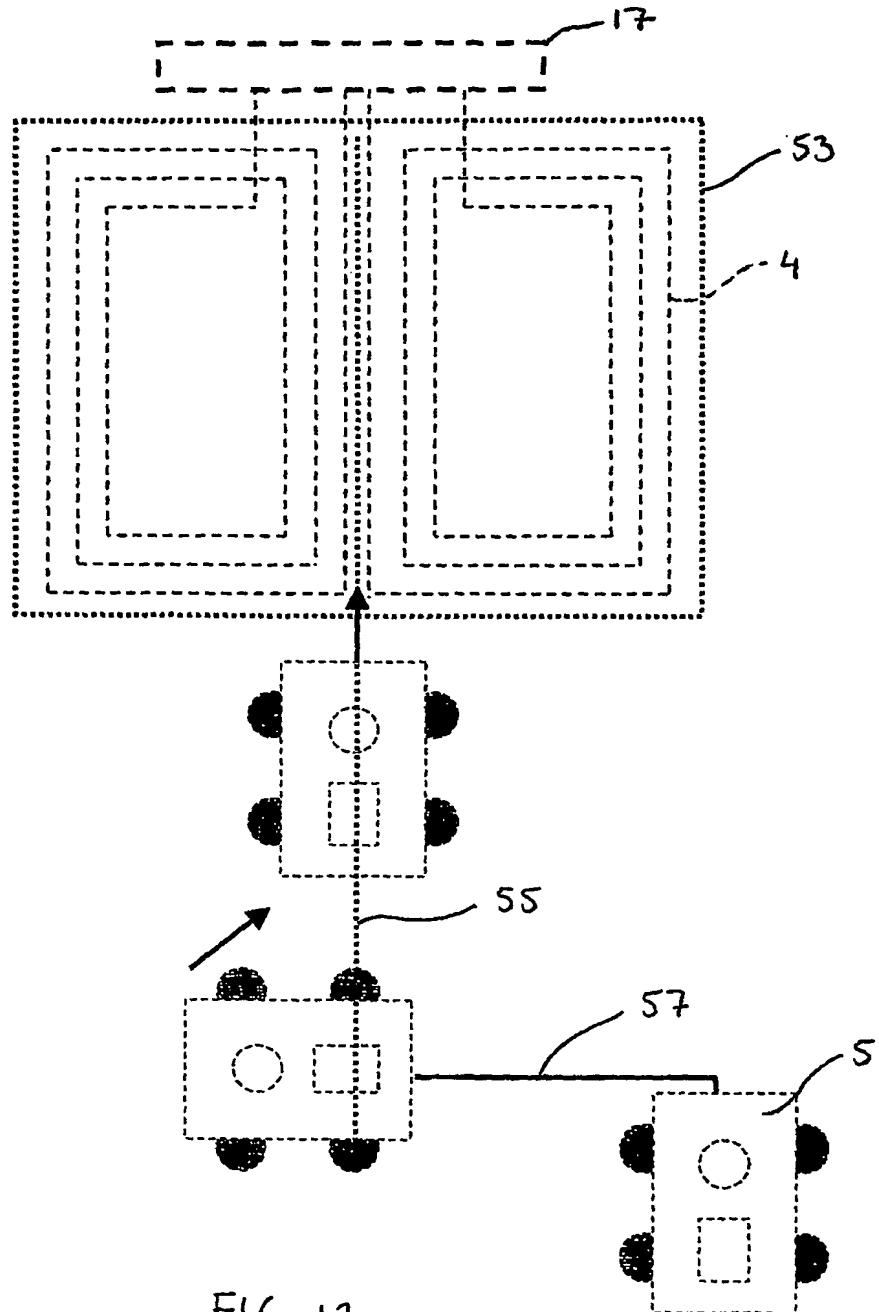


FIG. 12

**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning
Operations and is not part of the Official Record**

BEST AVAILABLE IMAGES

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

- ☐ BLACK BORDERS
- ☐ IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES
- ☐ FADED TEXT OR DRAWING
- ☐ BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING
- ☒ SKEWED/SLANTED IMAGES
- ☐ COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS
- ☐ GRAY SCALE DOCUMENTS
- ☐ LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT
- ☒ REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY
- ☐ OTHER: _____

IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.

As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.